



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application of: Marcel STALDER *et al.*

Confirmation No.: 1265

Application No.: 10/682,203

Art Unit: 3743

Filed: October 10, 2003

Examiner: Unassigned

For: BURNER

Attorney Docket No.: 61277-005

**CLAIM TO PRIORITY**  
**TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Enclosed is a certified copy of German-Patent Application No. 102 47 955.0, filed in Germany on October 12, 2002, from which priority is being claimed in this application.

No fee is believed to be due for this submission. Should any fee be required, however, please charge the required fee to Collier Shannon Scott Deposit Account No. 03-2469.

Date: March 15, 2004

Respectfully Submitted,

Seth A. Watkins

Reg. No. 47,169

**COLLIER SHANNON SCOTT, PLLC**

3050 K Street, NW, Suite 400

Washington, D.C. 20007

(202) 342-8400

Enclosure

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 47 955.0

**Anmeldetag:** 12. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** ALSTOM (Switzerland) Ltd., Baden/CH

**Bezeichnung:** Brenner

**IPC:** F 23 D 14/46

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 9. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Scholz'.

Scholz

## Brenner

### **Technisches Anwendungsgebiet**

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Vormischbrenner zur Wärmeerzeugung, insbesondere in einer Gasturbine, der Eintrittsöffnungen für einen Verbrennungsluftstrom, zumindest einen Drallerzeuger für den Verbrennungsluftstrom und ein oder mehrere erste Brennstoffzuführungen mit ersten Brennstoffaustrittsöffnungen zum Einbringen von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom aufweist. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Stabilisierung der Flamme eines Vormischbrenners. Ein bevorzugtes Einsatzgebiet des vorliegenden Brenners sowie des zugehörigen Verfahrens liegt auf dem Gebiet der Gas- und Dampfturbinentechnik, wobei der Brenner in einer Brennkammer der Gas- oder Dampfturbine angeordnet wird.

### **Stand der Technik**

Aus der EP 0 321 809 B1 ist ein aus mehreren Schalen bestehender kegelförmiger Brenner, ein sog. Doppelkegelbrenner, gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 bekannt. Durch den kegelförmigen, aus mehreren Schalen zusammengesetzten Drallerzeuger wird eine geschlossene Drallströmung erzeugt, welche aufgrund des in Richtung der Brenneraustrittsöffnung zunehmenden Dralls instabil wird und in eine ringförmige Drallströmung mit Rückströmung im Kern übergeht. Die Schalen des Drallerzeugers sind derart zusammengesetzt, dass entlang der Brennerachse tangentielle Lufteintrittsschlitze für Verbrennungsluft

gebildet werden. An der Einströmkante der Kegelschalen an diesen Lufteintrittsschlitzten sind Zuführungen für das Vormischgas, d. h. den gasförmigen Brennstoff, vorgesehen, die entlang der Richtung der Brennerachse

5 verteilte Austrittsöffnungen für das Vormischgas aufweisen. Das Gas wird durch die Austrittsöffnungen bzw. Bohrungen quer zum Lufteintrittsspalt eingedüst. Diese Eindüstung führt in Verbindung mit dem im Drallraum erzeugten Drall der Verbrennungsluft-

10 Brenngas-Strömung zu einer guten Durchmischung des Brenn- bzw. Vormischgases mit der Verbrennungsluft. Eine gute Durchmischung ist bei diesen Vormischbrennern die Voraussetzung für niedrige  $\text{NO}_x$ -Werte beim Verbrennungsvorgang.

15

Zur weiteren Verbesserung eines derartigen Brenners ist aus der EP 0 780 629 A2 ein Brenner für die Wärmeerzeugung bekannt, der im Anschluss an den Drallerzeuger eine zusätzliche Mischstrecke zur

20 weiteren Vermischung von Brennstoff und Verbrennungsluft aufweist. Diese Mischstrecke kann bspw. als nachgeschaltetes Rohrstück ausgeführt sein, in das die aus dem Drallerzeuger austretende Strömung ohne nennenswerte Strömungsverluste überführt wird. Durch

25 die zusätzliche Mischstrecke können der Vermischungsgrad weiter erhöht und damit die Schadstoffemissionen verringert werden.

Die WO 93/17279 zeigt einen weiteren bekannten

30 Vormischbrenner, bei dem ein zylindrischer Drall-erzeuger mit einem konischen Innenkörper eingesetzt wird. Bei diesem Brenner wird das Vormischgas ebenfalls über Zuführungen mit entsprechenden Austrittsöffnungen

in den Drallraum eingedüst, die entlang der axial verlaufenden Lufteintrittsschlitze angeordnet sind. Der Brenner weist im konischen Innenkörper zusätzlich eine zentrale Zuführung für ein Pilotgas auf, das nahe dem Brenneraustritt zur Pilotierung eingedüst werden kann. Die zusätzliche Pilotstufe dient dem Anfahren des Brenners sowie einer Erweiterung des Betriebsbereiches.

Derartige Vormischbrenner werden vor allem in modernen erdgasgefeuerten Gasturbinen zur Reduktion der Stickstoffemissionen ( $\text{NO}_x$ ) eingesetzt. Die Brenner arbeiten im Betriebspunkt der Gasturbine, im oberen Lastbereich aber auch bei Teillastbetrieb bei hohen Feuerungstemperaturen. Um die  $\text{NO}_x$ -Emissionen innerhalb bestimmter Grenzwerte zu halten, die von Gesetzgebern vieler Länder ständig weiter verschärft werden, müssen die Vormischbrenner in einer sehr mageren Betriebsweise nahe an ihrer Löschgrenze betrieben werden. In diesem Betriebsbereich treten aber zum Teil starke Pulsationen auf, die Schäden am Brenner und Brennkammerteilen der Gasturbine verursachen können.

Zur Vermeidung oder Verminderung der Pulsationen sind sog. passive Maßnahmen bekannt, mit denen das Pulsationsverhalten am Brenner und in der Brennkammer verändert wird. Diese Maßnahmen erfordern jedoch zum Teil massive Änderungen, Anpassungen oder gar Neuentwicklungen des Brenners und des Brennkammersystems.

Aus der DE 196 20 874 A1 ist ein Einspritzsystem für eine gestufte Gasturbinen-Brennkammer bekannt, bei der der Haupt-Brenner mit einer gepulsten Brennstoff-Einspritzung betrieben wird. Durch eine gezielte

Auswahl der Pulsationsfrequenz können mit dieser Technik die üblichen Verbrennungsfrequenzen derart gesteuert werden, dass sich Verbrennungs-Pulsationen vermindern.

5

Die gepulste Einspritzung von Brennstoff wird auch bei dem sog. Active-Pulsation-Control-Verfahren ausgenutzt. Bei diesem Verfahren werden die Verbrennungs-Pulsationen mittels eines Druckgebers gemessen und ausgewertet. Bei zu starken Verbrennungs-Pulsationen wird ein kleiner Teil der zugeführten Brennstoffmenge über ein separates Ventil geleitet und dem Brenner gepulst zugeführt. Die Pulsationsfrequenz wird entsprechend der höchsten Peakamplitude der gemessenen Verbrennungs-Pulsationen, jedoch phasenverschoben dazu, eingestellt. Durch den auf diese Weise modulierten Gesamtbrennstoffstrom werden die Verbrennungs-Pulsationen gedämpft und können sich nicht selbst weiter verstärken bzw. aufschaukeln. Ein Nachteil der gepulsten Zuführung von Brennstoff besteht jedoch darin, dass zur Modulation der Brennstoffzufuhr Ventile benötigt werden, die eine Modulation mit einer Frequenz von einigen Hz bis zu einigen 100 Hz erzeugen müssen. Derartige Ventile unterliegen jedoch einem erheblichen Verschleiß der beweglichen Teile und können so zu einem Ausfall der Gasturbinenanlage führen.

Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, einen Vormischbrenner mit verbesserter Flammenstabilisation sowie ein Verfahren für eine verbesserte Stabilisierung der Flamme eines Brenners anzugeben, für die weniger verschleißanfällige Bauteile erforderlich sind.

### **Darstellung der Erfindung**

Die Aufgabe wird mit dem Vormischbrenner sowie dem Verfahren gemäß den Patentansprüchen 1 bzw. 21 gelöst.

- 5   Vorteilhafte Ausgestaltungen des Vormischbrenners sowie des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche oder lassen sich aus der nachfolgenden Beschreibung und den Ausführungsbeispielen entnehmen.

- 10       Der vorliegende Vormischbrenner weist in bekannter Weise Eintrittsöffnungen für einen Verbrennungsluftstrom, zumindest einen Drallerzeuger für den Verbrennungsluftstrom und ein oder mehrere Brennstoffzuführungen mit ersten Brennstoffaustrittsöffnungen zum  
15   Einbringen von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom auf. Die Geometrie des Brenners und die Art des Drallerzeugers können dabei beliebig gewählt werden, solange die Funktion des Vormischbrenners durch die gewählte Ausgestaltung erreicht wird. Beispiele für geeignete  
20   Brennergeometrien können den eingangs genannten Druckschriften zum Stand der Technik oder den Ausführungsbeispielen entnommen werden.

- Beim vorliegenden Brenner ist zumindest ein  
25   Resonanzrohr mit einem offenen und einem im Wesentlichen geschlossenen Ende am oder im Brenner angeordnet, dessen geschlossenes Ende im Bereich einer sich beim Betrieb des Brenners auf Seite des Brenners ausbildenden Flammenfront liegt und an dessen offenen  
30   Ende eine Austrittsöffnung einer Zuführung für ein kompressibles Medium angeordnet ist. Bei dem kompressiblen Medium handelt es sich vorzugsweise um ein gasförmiges Medium, insbesondere um Luft oder einen

gasförmigen Brennstoff des Brenners. Beim Einsatz des Brenners in einer Gasturbinenanlage kann beispielsweise verdichtete Luft der Kompressorstufe als kompressibles Medium zugeführt werden. In einer bevorzugten Ausführungsform des Vormischbrenners sowie des Verfahrens ist die Zuführung eine Brennstoffzuführung, im Folgenden als zweite Brennstoffzuführung bezeichnet, über die das Resonanzrohr mit gasförmigem Brennstoff als kompressibles Medium beaufschlagt bzw. betrieben wird. Diese zweite Brennstoffzuführung ist dabei unabhängig von den ersten Brennstoffzuführungen zu- und abschaltbar.

Bei dem Resonanzrohr handelt es sich um ein Rohr, das auf einer Seite offen und auf der anderen Seite im Wesentlichen geschlossen ist, wobei als im Wesentlichen geschlossen auch eine Ausgestaltung verstanden wird, bei dem das geschlossene Ende eine Öffnung mit einem Öffnungsquerschnitt bis max. 10% des Öffnungsquerschnittes des offenen Endes aufweist. Ein derartiges Resonanzrohr kann beispielsweise einen zylinderförmigen oder einen sich vom offenen zum geschlossenen Ende hin verringernden Innenquerschnitt aufweisen. Die Verringerung des Innenquerschnitts kann dabei kontinuierlich oder in mehreren Stufen erfolgen. Die Austrittsöffnung für das kompressible Medium ist beim vorliegenden Brenner relativ zum offenen Ende des Resonanzrohres so angeordnet, dass der Resonanzbetrieb des Resonanzrohres mit dem zugeführten Medium möglich ist. Dies erfordert in der Regel einen geringen Abstand von dieser Austrittsöffnung zum offenen Ende des Resonanzrohres. Bei diesem Resonanzbetrieb strömt das kompressible Medium periodisch durch das offene Ende in das Resonanzrohr ein und wieder aus.



- 7 -

Das Resonanzrohr ist an einer geeigneten Stelle des Brenners mit seinem geschlossenen Ende im Bereich der beim Betrieb des Brenners gebildeten Flammenfront angeordnet, um die Vormischflamme zu stabilisieren. 5 Vorzugsweise wird das geschlossene Ende des Resonanzrohres dabei an der Flammenwurzel, d. h. an der Flammenfront im Bereich der Brennerachse, oder am Sprung vom Brenner zur Brennkammer, d. h. im Bereich 10 der seitlichen Begrenzungen der Austrittsöffnung des Brenners angeordnet. Durch die Anordnung im Bereich der Brennerachse wird eine innere Stabilisierung der Flamme erzielt, während die Anordnung seitlich am Brenneraustritt eine äußere Stabilisierung der Flamme ermöglicht. 15 Selbstverständlich ist auch eine Kombination beider Stabilisierungen möglich, wenn zwei oder mehrere Resonanzrohre mit den entsprechenden Zuführungen in den Brenner eingebaut werden. Ein Resonanzrohr ist in diesem Fall vorzugsweise auf der Brennerachse, die 20 weiteren mit in ihren geschlossenen Enden im Bereich der seitlichen Begrenzungen der Brenneraustrittsöffnung angeordnet.

Beim Betrieb des vorliegenden Brenners wird die 25 Zuführung für das kompressible Medium zum Resonanzrohr vorzugsweise dann zugeschaltet und das Resonanzrohr mit diesem Medium beaufschlagt, wenn eine Stabilisierung der Vormischflamme erforderlich ist, weil die Pulsationen zu hoch sind und daher Schäden an der 30 Brennkammer oder den eingesetzten Brennern zu erwarten sind. Durch die Zuschaltung des kompressiblen Mediums zum Resonanzrohr strömt dieses nun periodisch in das Resonanzrohr ein und wieder aus diesem aus. Durch diese

resonante Betriebsweise heizt sich das Rohr an seinem geschlossenen Ende auf. Dieser Erwärmungseffekt wurde erstmals von H. S. Sprenger in: „Über thermische Effekte bei Resonanzrohren“, Mitteilungen aus dem  
5 Institut für Aerodynamik an der ETH Zürich, Nr. 21, Seite 18, 1954 beschrieben. Durch geeignete Dimensionierung des Resonanzrohres und der Austrittsöffnung der Zuführung lassen sich in wenigen Millisekunden Temperaturen des geschlossenen Endes des Resonanzrohres  
10 von bis zu 1200°C erreichen. Das Temperatur-Zeitverhalten hängt dabei u. a. vom Druck ab, mit dem das kompressible Medium zugeführt wird.

Diese Aufheizung des geschlossenen Endes des  
15 Resonanzrohres wird beim vorliegenden Vormischbrenner bzw. dem vorliegenden Verfahren zur Stabilisierung der Flamme ausgenutzt. Durch die heiße Oberfläche des geschlossenen Endes wird das Luft-Brennstoff-Gemisch der Vormischflamme zusätzlich an der heißen Oberfläche  
20 des Resonanzrohres entzündet und nicht nur an seinen heißen rezirkulierenden Abgasen. Diese zusätzliche Zündung der Vormischflamme erfolgt somit an einem fixen, geometrisch definierten Ort, wodurch das Pulsationsverhalten positiv beeinflusst wird.

25 Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich speziell auf den Einsatz von gasförmigem Brennstoff als kompressibles Medium, im Folgenden auch als Resonanzbrennstoff bezeichnet. Dies ist jedoch nicht als  
30 Einschränkung anzusehen, da an Stelle dieses Resonanzbrennstoffes in den meisten Ausgestaltungen in gleicher Weise auch ein anderes kompressibles Medium eingesetzt werden kann.

In einer Ausgestaltung der Erfindung kann eine kleine Extramenge an Resonanzbrennstoff, welche am geschlossenen Ende durch eine kleine Öffnung aus dem Resonanzrohr ausströmt, der Vormischflamme zugeführt werden. Dies stabilisiert zusätzlich lokal die Flamme. Einem Wegschwimmen und Zurückspringen der Flamme wird so effektiv entgegen gewirkt, die Pulsationen entsprechend gedämpft. Auch der über das offene Ende des Resonanzrohres rückströmende Resonanzbrennstoff wird vorzugsweise über ein oder mehrere Zufuhrkanäle der Vormischflamme zugeführt. Wird dieser Resonanzbrennstoff im Bereich der heißen Oberfläche des geschlossenen Endes des Resonanzrohres zugeführt, so verstärken sich die pulsationsdämpfenden Effekte.

Mit dem vorliegenden Vormischbrenner sowie dem zugehörigen Verfahren lässt sich eine zusätzliche Stabilisierung der Vormischflamme des Vormischbrenners erreichen. Durch diese zusätzliche Stabilisierung ist es auch möglich, den pulsationsarmen Betriebsbereich zu tieferen Flammentemperaturen hin zu erweitern und damit auch tiefere  $\text{NO}_x$ -Werte zu erzielen. Im Gegensatz zu dem in der Einleitung genannten Verfahrensprinzip der Active-Pulsation-Control durch gepulste Einspritzung des Brennstoffes ist beim vorliegenden Verfahren keine Modulierung des Brennstoffstromes mittels beweglichen Teilen erforderlich. Für die Beaufschlagung des Resonanzrohres reicht vielmehr ein einfaches Öffnungs-/Schließ-Ventil aus, mit dem die Zufuhr des Resonanzbrennstoffes jeweils über einen im Vergleich zur vorgenannten Modulation langen Zeitraum zu- und abgeschaltet werden kann. Der Verschleiß eines

derartigen Öffnungs-/Schließ-Ventils ist in dieser Betriebsweise daher deutlich geringer als bei den für die schnelle Modulation erforderlichen Ventilen der Active-Pulsation-Control. Bei einer Eindüsung des Resonanzbrennstoffes, der aus dem Resonanzrohr wieder rückströmt, in die Vormischflamme wird eine Modulation der Brennstoffmenge dieses Resonanzbrennstoffes durch den Resonanzeffekt im Resonanzrohr ohne bewegliche Teile erzielt.

10

Vorzugsweise ist die Austrittsöffnung für die Zufuhr des Resonanzbrennstoffes zum Resonanzrohr als Düse ausgebildet. Hierbei ist der Einsatz einer Venturidüse von Vorteil. Es können jedoch auch andere Düsenformen eingesetzt werden. Der Resonanzbrennstoff wird der Düse vorzugsweise in verdichteter Form zugeführt, damit die Strömung aus der Düse überkritisch erfolgen kann. In dieser Betriebsweise lassen sich in kurzer Zeit hohe Temperaturen erreichen. Die Verdichtung des Resonanzbrennstoffes erfolgt dabei vorzugsweise über einen Kompressor in der zweiten Brennstoffzuführung, der den aus einer mit der oder den ersten Brennstoffzuführungen gemeinsamen Brennstoffleitung zugeführten gasförmigen Brennstoff zusätzlich verdichtet. Selbstverständlich kann der Resonanzbrennstoff auch aus einer der ersten Brennstoffzuführungen abgezweigt werden, wobei dann der Kompressor hinter der Abzweigung angeordnet sein muss.

30

Beim Betrieb des vorliegenden Vormischbrenners ist es von Vorteil, wenn der Druck des Resonanzbrennstoffes vor dem Austritt aus der Austrittsöffnung einen konstanten Druck aufweist. Dieser konstante Druck wird

- 11 -

vorzugsweise durch einen Druckspeicher in der zweiten Brennstoffzuführung vor dem Öffnungs-/Schließ-Ventil in Verbindung mit einem Druckhalteventil zwischen dem Druckspeicher und der Austrittsöffnung erreicht. Der  
5 Druckspeicher wird im Stillstand und wenn nötig während des Betriebes des Brenners bzw. einer Gasturbinenanlage, in der der Brenner vorzugsweise eingesetzt wird, mittels des Kompressors gefüllt. Durch das Druckhalteventil wird der Druck vor dem Resonanzrohr  
10 auf einen konstanten Wert geregelt, wodurch ein optimaler Resonanz- und Stabilisierungseffekt erzielt wird.

Sind unterschiedliche Brennkammerdrücke beim  
15 Betrieb des Vormischbrenners zu erwarten, bei welchen die Vormischflamme zu stabilisieren ist, kann es von Vorteil sein, an Stelle eines Druckhalteventils ein Regelventil einzusetzen, um an Stelle eines konstanten Druckniveaus auf ein bestimmtes Druckverhältnis  
20 zwischen dem Druck des Resonanzbrennstoffes und dem Druck in der Brennkammer zu regeln.

Bei Einsatz eines Regelventils in der zweiten Brennstoffzuführung lässt sich das Resonanzrohr auch  
25 als Zünder für den Vormischbrenner einsetzen. Der für die Zündung benötigte Massenstrom des Resonanzbrennstoffes sowie der Druck dieses Resonanzbrennstoffes werden über das Regelventil eingestellt. Das Resonanzrohr heizt sich an seinem geschlossenen Ende dabei bis  
30 auf die Zündtemperatur auf, so dass keine separate Zündeinrichtung für den Vormischbrenner mehr nötig ist.

- 12 -

In einer vorteilhaften Ausführungsform des vorliegenden Vormischbrenners, bei der dieser eine zentrale Brennstofflanze für die Zuführung von Pilot-Brennstoff oder einen Innenkörper, der ggf. auch eine Zuführung für Pilotbrennstoff beinhaltet, aufweist, ist das Resonanzrohr in diese Brennstofflanze bzw. den Innenkörper integriert. Bei dieser Ausgestaltung kann ein Teil des aus dem offenen Ende des Resonanzrohres austretenden Resonanzbrennstoffes auch über die Zufuhrkanäle für den Pilotbrennstoff in die Vormischflamme eingedüst werden, um diese zusätzlich zu stabilisieren. Sowohl bei dieser Ausgestaltung als auch bei anderen Ausgestaltungen des Vormischbrenners, bei dem zumindest ein Resonanzrohr auf oder im Bereich der zentralen Achse des Brenners angeordnet ist, können selbstverständlich auch weitere Resonanzrohre in diesem Bereich oder mit ihrem geschlossenen Ende an der äußeren Begrenzung der Brenneraustrittsöffnung angeordnet sein. Werden mehrere dieser zusätzlichen Resonanzrohre an der äußeren Begrenzung der Brenneraustrittsöffnung angeordnet, so ist eine gleichmäßige Verteilung über den Umfang der Brenneraustrittsöffnung von Vorteil.

#### **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen nochmals kurz erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 ein Beispiel für die Ausgestaltung eines Vormischbrenners gemäß der vorliegenden Erfindung im Querschnitt;

- Fig. 2 ein Beispiel für die Zuführung des Resonanzbrennstoffes zum Vormischbrenner;
- 5 Fig. 3 ein weiteres Beispiel für die Zuführung des Resonanzbrennstoffes zum Vormischbrenner;
- Fig. 4 stark schematisiert ein Beispiel für eine weitere geometrische Ausgestaltung des vorliegenden Vormischbrenners; und
- 10 Fig. 5 stark schematisiert ein weiteres Beispiel für die geometrische Ausgestaltung eines Vormischbrenners gemäß der vorliegenden Erfindung.

#### 15 **Wege zur Ausführung der Erfindung**

Figur 1 zeigt im Querschnitt ein Beispiel für eine mögliche Ausgestaltung eines Vormischbrenners gemäß der vorliegenden Erfindung für den Einsatz in einer Gasturbine. Dieser Vormischbrenner 1 setzt sich aus zwei  
20 ineinander greifenden Teilkegelschalen als Drall-erzeuger 2 zusammen, durch die zwei sich gegenüberliegende Längsschlitze 3 für den Eintritt von Verbrennungsluft in den Innenraum dieses Brenners 1 gebildet werden. Im Bereich dieser Eintrittsschlitze 3 für  
25 Verbrennungsluft verlaufen die ersten Brennstoffzuführungen 4 für das Vormischgas, die entlang der Brennerschale mehrere erste Brennstoffaustrittsöffnungen 5 zum Einbringen des Vormischbrennstoffes in den Verbrennungsluftstrom aufweisen. Diese Brennstoff-  
30 austrittsöffnungen 5 sind in der Figur mit den Pfeilen angedeutet. Der vorliegende Brenner 1 weist weiterhin eine zentrale Brennstofflanze 14 mit einem ringförmigen

- 14 -

Zufuhrkanal 15 für einen Pilot-Brennstoff auf. Dieser Pilot-Brennstoff wird nur beim Anfahren der Gasturbine in Betrieb gesetzt, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist. Im Lastbetrieb wird diese Pilotierungs-  
5 stufe abgeschaltet.

Innerhalb der Brennstofflanze 14 ist auf der Brennerachse 12 ein Resonanzrohr 6 angeordnet, dessen geschlossenes Ende 8 zum Brenneraustritt in die  
10 Brennkammer 13 hin gerichtet ist. Die Position dieses geschlossenen Endes 8 liegt im Bereich einer sich beim Vormischbetrieb dieses Brenners auf Seite des Brenners 1 ausbildenden Flammenfront 9 der erzeugten Vormisch-  
15 flamme. In der Figur ist hierbei der Verlauf der Flammenfront 9 einer durch Einsatz des Resonanzrohres 6 stabilisierten Flamme im Vergleich zur Flammenfront 9a einer unstabilisierten Flamme angedeutet.

Am offenen Ende 7 des Resonanzrohres 6 ist eine in  
20 Form einer Düse ausgebildete Austrittsöffnung 10 einer zweiten Brennstoffzuführung 11 angeordnet, über die der Resonanzbrennstoff zugeführt wird. In gleicher Weise ist ein weiteres Resonanzrohr 6 an einer Seite des Brenners 1 so angeordnet, dass das geschlossene Ende 8  
25 im Bereich der seitlichen Begrenzung der Brenneraustrittsöffnung liegt. Auch diesem äußeren Resonanzrohr 6 wird Resonanzbrennstoff über eine zweite Brennstoffzuführung 11 und eine zweite als Düse ausgebildete Brennstoffaustrittsöffnung 10 über das offene Ende 7  
30 zugeführt. Bei beiden Resonanzrohren 6 wird zwischen der Austrittsöffnung 10 der Düse und dem offenen Ende 7 des Resonanzrohres 6 ein Abstand eingehalten, der für die Funktion des Resonanzrohres 6 erforderlich ist. Das



- 15 -

auf der Brennerachse 12 liegende Resonanzrohr 6 dient hierbei der inneren Flammenstabilisierung sowie der Zündung der Vormischflamme, das äußere Resonanzrohr 6 der äußeren Flammenstabilisierung.

5

Beim Betrieb dieses Vormischbrenners wird bei Auftreten von Pulsationen einer vorgebbaren Stärke die Zufuhr des Resonanzbrennstoffes über die zweiten Brennstoffzuführungen 11 gestartet. Dies erfolgt durch Öffnen eines in dieser Figur nicht dargestellten Öffnungs-/Schließ-Ventils in der entsprechenden zweiten Brennstoffzuführung 11. Der Resonanzbrennstoff strömt dann mit einem bestimmten Druck durch die Düse 10 in das Resonanzrohr 6 ein. Durch die Ausbildung des Resonanzrohres 6 mit dem sich in diesem Beispiel in Stufen verringernden Innenquerschnitt ergibt sich ein periodisches Ein- und Ausströmen des zugeführten Resonanzbrennstoffes über das offene Ende 7. Durch den Betrieb dieses Resonanzrohres 6 erhitzt sich die Oberfläche des Resonanzrohres am geschlossenen Ende 8 und bewirkt eine zusätzliche Zündung des Brennstoff-Luftgemisches an dieser Oberfläche. Diese zusätzliche Zündung führt zu einer Stabilisierung der Flammenfront 9 des Vormischbrenners und somit zur Verringerung der Pulsationen. Für diese Stabilisierung wird das geschlossene Ende 8 des Resonanzrohres 6 auf Temperaturen über 600°C gebracht. Hierfür wird der Resonanzbrennstoff unter einem Druck bis zu 60 bar ( $60 \cdot 10^5$  Pa) zugeführt.

30

Im vorliegenden Beispiel tritt zusätzlich ein geringer Teil des in das Resonanzrohr 6 eingebrachten Resonanzbrennstoffes durch eine kleine Öffnung 16 an

dessen geschlossenem Ende aus. Weiterhin wird der aus dem Resonanzrohr 6 über das offene Ende 7 wieder austretende Resonanzbrennstoff über entsprechende Durchlassöffnungen 17 bzw. 18 ebenfalls der Flamme im Bereich der heißen Oberfläche des geschlossenen Endes 8 des Resonanzrohres 6 zugeführt. Dies erfolgt bei dem zentral angeordneten Resonanzrohr 6 über den Zufuhrkanal 15 für das Pilotgas. Bei dem äußeren Resonanzrohr 6 erfolgt diese Zuführung über einen seitlich am Resonanzrohr 6 ausgebildeten Kanal, wie dies aus der Figur ersichtlich ist. Diese Zufuhr des Resonanzbrennstoffes zur Flamme, die aufgrund der Betriebsweise des Resonanzrohres 6 gepulst erfolgt, im Bereich der durch das geschlossene Ende 8 vorgegebenen Stabilisierungspunkte führt zu einer zusätzlichen Dämpfung von Flammenpulsationen.

Auch wenn im vorliegenden Beispiel ein Resonanzrohr 6 mit einer gestuften Verringerung des Innenquerschnittes und einer kleinen Austrittsöffnung 16 am geschlossenen Ende 8 dargestellt ist, so ist dies nicht als Einschränkung für die Ausbildung eines Resonanzrohres zu verstehen. Es können vielmehr auch Resonanzrohre anderer geometrischer Form eingesetzt werden, die bspw. keine Öffnung am geschlossenen Ende 8 oder ein zylindrisches Innenvolumen aufweisen.

Figur 2 zeigt ein erstes Beispiel für eine Ausgestaltung der Zufuhr des Resonanzgases zum Vormischbrenner 1. In der Figur sind die Brennkammer 13 und der Vormischbrenner 1 zu erkennen, der bspw. wie in Figur 1 dargestellt ausgestaltet sein kann. In der Figur sind weiterhin die von einer Gaspipeline 19 abgehenden

Brennstoffzuführungsleitungen, die erste Brennstoffzuführung 4 für das Premixgas, die Zuführung 15 für das Pilotgas und die zweite Brennstoffzuführung 11 für das Resonanzgas zu erkennen. Diese Brennstoffe sind im vorliegenden Beispiel identisch. In der zweiten Brennstoffzuführung 11 für das Resonanzgas ist ein Kompressor 20 vorgesehen, der dieses Resonanzgas auf den für den Betrieb des Resonanzrohres erforderlichen Druckbereich verdichtet. Zur Einhaltung eines bestimmten Druckverhältnisses zwischen dem Resonanzgas, das dem Resonanzrohr zugeführt wird, und dem möglicherweise während des Betriebes variierenden Druck in der Brennkammer 13 ist ein Druckspeicher 21 an der zweiten Brennstoffzuführung 11 vorgesehen, der in Verbindung mit einem Regelventil 23 zur Konstanthaltung des Druckverhältnisses dient. Mit dem Bezugszeichen 24 ist ein einfaches Öffnungs-/Schließ-Ventil gekennzeichnet, über das die Zu- oder Abschaltung der Brennstoffzuführung zum Resonanzrohr erfolgt.

20

Figur 3 zeigt ein weiteres Beispiel der Zufuhr des Resonanzgases zum vorliegenden Vormischbrenner. In diesem Beispiel wird das Resonanzgas von der ersten Brennstoffzuführung 4 für das Vormischgas über ein Bypassventil 25 abgezweigt. In der zweiten Brennstoffzuführung 11 für das Resonanzgas sind wiederum ein Kompressor 20, ein Druckspeicher 21 sowie das Öffnungs-/Schließ-Ventil 24 angedeutet. In diesem Beispiel befindet sich zwischen dem Druckspeicher 21 und der nicht dargestellten Austrittsöffnung für das Resonanzgas ein Druckhalteventil 22, über das der an der Austrittsöffnung anliegende Brennstoffdruck des Resonanzgases konstant gehalten werden kann. Eine

30

derartige Betriebsweise bietet sich bei Anlagen an, bei denen der Druck in der Brennkammer nicht stark variiert. Grundsätzlich muss im Lastbetrieb bzw. Vormischbetrieb immer gegen einen höheren Brennkammer-  
5     druck gearbeitet werden als in einem Teillastbetrieb, so dass der für den gleichen Massenstrom benötigte Druck des Resonanzgases entsprechend höher gewählt werden muss.

10     Selbstverständlich kann auf den Kompressor 20 und den Druckspeicher 21 verzichtet werden, wenn der in der Gaspipeline zur Verfügung stehende Gasdruck genügend hoch ist (im vorliegenden Beispiel 60 hPa und mehr).

15     Die Figuren 4 und 5 zeigen beispielhaft und stark schematisiert Beispiele für weitere geometrische Ausbildungen des Vormischbrenners 1 der vorliegenden Erfindung. Bei diesen Ausführungsbeispielen werden Brenner dargestellt, deren Drallerzeuger unterschiedliche Geometrien aufweisen. So ist in Figur 4 ein  
20     zylinderförmiger Drallerzeuger 2 mit konischem Verdrängungskörper 26 dargestellt. Das Resonanzrohr 6 mit der zweiten Brennstoffzuführung 11 kann hierbei auf der zentralen Brennerachse 12 im Verdrängungskörper 26 integriert oder seitlich am Drallerzeuger 2 angeordnet  
25     sein, wie dies schematisch in der Figur angedeutet ist.

30     Figur 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem die Drallerzeuger 2 durch in entsprechenden Zuführungen für Verbrennungsluft angeordneten Strömungsleitbleche gebildet sein können. Auch bei einer derartigen Geometrie des Vormischbrenners können Resonanzrohre 6 sowohl im Bereich der Brennerachse 12 als auch seitlich am Brenneraustritt ausgebildet sein.

**Bezugszeichenliste**

	1	Vormischbrenner
	2	Drallerzeuger
5	3	Eintrittsöffnungen für Verbrennungsluft
	4	erste Brennstoffzuführungen
	5	erste Brennstoffaustrittsöffnungen
	6	Resonanzrohr
	7	offenes Ende des Resonanzrohres
10	8	geschlossenes Ende des Resonanzrohres
	9	Flammenfront
	9a	instabile Flammenfront
	10	Austrittsöffnung, z. B. Düse
	11	zweite Brennstoffzuführung
15	12	Brennerachse
	13	Brennkammer
	14	Brennstofflanze
	15	Zufuhrkanal für Pilotbrennstoff
	16	Austrittsöffnung am geschlossenen Ende des
20		Resonanzrohres
	17	Zugangsöffnung zum Zufuhrkanal für
		Pilotbrennstoff
	18	Zugangsöffnung zum Zufuhrkanal zur Flamme
	19	Gaspipeline
25	20	Kompressor
	21	Druckspeicher
	22	Druckhalteventil
	23	Regelventil
	24	Öffnungs-/Schließ-Ventil
30	25	Bypassventil
	26	konischer Verdrängungskörper
	27	Motorschieber
	28	Entlastungsventil
	29	Öffnungs-/Schließ-Ventil
35	30	Regelventil

Patentansprüche

1. Brenner zur Wärmeerzeugung, insbesondere in einer Gasturbine, der Eintrittsöffnungen (3) für einen Verbrennungsluftstrom, zumindest einen Drall-  
5 erzeuger (2) für den Verbrennungsluftstrom und ein oder mehrere erste Brennstoffzuführungen (4) mit ersten Brennstoffaustrittsöffnungen (5) zum Einbringen von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom aufweist,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
dass zumindest ein Resonanzrohr (6) mit einem offenen (7) und einem im Wesentlichen geschlossenen Ende (8) am oder im Brenner (1) angeordnet ist, dessen geschlossenes Ende (8) im Bereich  
15 einer sich beim Betrieb des Brenners (1) auf Seite des Brenners (1) ausbildenden Flammenfront (9) liegt und an dessen offenem Ende eine Austrittsöffnung (10) einer Zuführung (11) für ein kompressibles Medium angeordnet ist.
- 20 2. Brenner nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das geschlossene Ende (8) des Resonanzrohres (6) auf oder zumindest im Bereich der zentralen  
25 Brennerachse (12) angeordnet ist.
3. Brenner nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das geschlossene Ende (8) des Resonanzrohres

(6) im Bereich von seitlichen Begrenzungen der Austrittsöffnung des Brenners (1) angeordnet ist.

4. Brenner nach Anspruch 1,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass mehrere Resonanzrohre (6) vorgesehen sind.
5. Brenner nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 dass zumindest eines der Resonanzrohre (6) mit dem geschlossenen Ende (8) auf oder zumindest im Bereich der zentralen Brennerachse (12) und die weiteren Resonanzrohre (6) mit dem geschlossenen Ende (8) im Bereich von seitlichen Begrenzungen  
15 der Austrittsöffnung des Brenners (1) angeordnet sind.
6. Brenner nach Anspruch 1, 2, 4 oder 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 dass das zumindest eine Resonanzrohr (6) in einer zentralen Brennstofflanze (14) für die Zufuhr von Pilot-Brennstoff oder in einem zentralen Verdrängungskörper (26) integriert ist.
- 25 7. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die ein oder mehreren Resonanzrohre (6) parallel zur Brennerachse (12) angeordnet sind.
- 30 8. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die ein oder mehreren Resonanzrohre (6)

- 22 -

kegelförmig bzw. konisch um die Brennerachse (12) angeordnet sind.

- 5 9. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die ein oder mehreren Resonanzrohre (6) einen konstanten Innendurchmesser aufweisen.
- 10 10. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass sich ein Innendurchmesser der ein oder mehreren Resonanzrohre (6) vom offenen (7) zum geschlossenen Ende (8) hin verringert.
- 15 11. Brenner nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass sich der Innendurchmesser in Stufen verringert.
- 20 12. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Austrittsöffnung (10) als Düse ausgebildet ist.
- 25 13. Brenner nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in der Zuführung (11) ein Kompressor (20) zur Verdichtung des kompressiblen Mediums angeordnet ist, um das Einbringen des kompressiblen Mediums  
30 über die Düse in das Resonanzrohr (6) in überkritischem Zustand zu ermöglichen.



- 23 -

14. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Zuführung (11) eine Zuführung für  
verdichtete Luft ist.
- 5
15. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Zuführung (11) eine zweite Brennstoff-  
zuführung (12) ist, die zur Beaufschlagung des  
10 Resonanzrohres (6) mit gasförmigem Brennstoff als  
kompressibles Medium unabhängig von den ersten  
Brennstoffzuführungen (4) zu- und abschaltbar ist.
16. Brenner nach Anspruch 15,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass das oder die Resonanzrohre (6) am  
geschlossenen Ende (8) eine Öffnung (16)  
aufweisen, über die ein kleiner Teil des in das  
Resonanzrohr (6) eingebrachten Brennstoffes  
20 austreten kann.
17. Brenner nach Anspruch 15 oder 16,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass bei einer Anordnung des Resonanzrohres (6)  
25 auf der zentralen Brennerachse (12) das offene  
Ende (7) des Resonanzrohres (6) mit zumindest  
einem Zufuhrkanal (15) in Verbindung steht, über  
den aus dem offenen Ende (7) wieder austretender  
Brennstoff in die Flamme eingebracht wird.
- 30
18. Brenner nach Anspruch 17,  
dadurch gekennzeichnet,

- 24 -

dass der Zufuhrkanal (15) eine Zuführung für Pilot-Brennstoff ist.

19. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 18,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass in der Zuführung (11) ein Druckhaltespeicher  
(21) und ein Druckhalteventil (22) angeordnet  
sind, mit denen der Druck des kompressiblen  
Mediums vor dem Resonanzrohr (6) annähernd  
10 konstant gehalten werden kann.
20. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 19,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in der Zuführung (11) ein Druckhaltespeicher  
15 (21) und ein Regelventil (23) angeordnet sind, mit  
denen das Verhältnis des Drucks des kompressiblen  
Mediums vor dem Resonanzrohr (6) zum Druck in  
einer sich anschließenden Brennkammer (13)  
annähernd konstant gehalten bzw. geregelt werden  
20 kann.
21. Verfahren zum Betrieb eines Brenners (1) für eine  
verbesserte Stabilisierung der Flamme, bei dem die  
Flamme durch zumindest ein Resonanzrohr (6) mit  
25 einem offenen (7) und einem im Wesentlichen  
geschlossenen Ende (8) stabilisiert wird, dessen  
geschlossenes Ende (8) im Bereich einer sich auf  
Seite des Brenners (1) ausbildenden Flammenfront  
(9) angeordnet und das vom offenen Ende (7) her  
30 zumindest beim Auftreten von Flammen-Pulsationen  
derart kontinuierlich mit einem kompressiblen  
Medium beaufschlagt wird, dass das kompressible  
Medium periodisch durch das offene Ende (7) in das

- 25 -

Resonanzrohr (6) ein und wieder ausströmt, wodurch sich das geschlossene Ende (8) des Resonanzrohres (6) aufheizt.

- 5    22.    Verfahren nach Anspruch 21,  
         dadurch gekennzeichnet,  
         dass das Resonanzrohr (6) auch zum Zünden des  
         Brenners (1) eingesetzt wird, indem es vom offenen  
10           Ende (7) her derart mit dem kompressiblen Medium  
         beaufschlagt wird, dass sich das geschlossene Ende  
         (8) bis auf die Zündtemperatur aufheizt.
23.    Verfahren nach Anspruch 21 oder 22,  
         dadurch gekennzeichnet,  
15           dass das Resonanzrohr (6) mit Luft als  
         kompressiblem Medium beaufschlagt wird.
24.    Verfahren nach Anspruch 21 oder 22,  
         dadurch gekennzeichnet,  
20           dass das Resonanzrohr (6) mit gasförmigem  
         Brennstoff als kompressiblem Medium beaufschlagt  
         wird.
25.    Verfahren nach Anspruch 24,  
25           dadurch gekennzeichnet,  
         dass der aus dem offenen Ende (7) des  
         Resonanzrohres (6) wieder ausströmende Brennstoff  
         im Bereich des geschlossenen Endes (8) des  
         Resonanzrohres (7) in die Flamme eingebracht wird.  
30
26.    Verfahren nach Anspruch 24 oder 25,  
         dadurch gekennzeichnet,  
         dass ein kleiner Teil des in das Resonanzrohr (6)

- 26 -

eingebrachten Brennstoffes durch eine Öffnung (16) am geschlossenen Ende (8) in die Flamme eingebracht wird.

- 5    27. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 26,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das kompressible Medium über eine Düse (10)  
in überkritischem Zustand in das Resonanzrohr (6)  
eingebracht wird.
- 10    28. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 27,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das kompressible Medium vor dem Einbringen in  
das Resonanzrohr (6) zusätzlich verdichtet wird.
- 15    29. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 28,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Druck des dem Resonanzrohr (6)  
zugeführten kompressiblen Mediums über einen  
20    Druckspeicher (21) und ein Druckhalteventil (22)  
in der Zuführung (11) konstant gehalten wird.
- 25    30. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 28,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Verhältnis des Druckes des dem  
Resonanzrohr (6) zugeführten kompressiblen Mediums  
zu dem Druck in der Brennkammer (13) über einen  
Druckspeicher (21) und ein Regelventil (23) in der  
Zuführung (11) konstant gehalten wird.

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Brenner zur Wärmeerzeugung, insbesondere in einer Gasturbine, sowie ein Verfahren zur Stabilisierung der Flamme eines Brenners. Der Brenner (1) weist Eintrittsöffnungen (3) für einen Verbrennungsluftstrom, zumindest einen Drallerzeuger (2) für den Verbrennungsluftstrom und ein oder mehrere erste Brennstoffzuführungen (4) mit ersten Brennstoffaustrittsöffnungen (5) zum Einbringen von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom auf. Im oder am Brenner (1) ist zumindest ein Resonanzrohr (6) mit einem offenen (7) und einem im Wesentlichen geschlossenen Ende (8) angeordnet, dessen geschlossenes Ende (8) im Bereich einer sich beim Betrieb des Brenners (1) auf Seite des Brenners (1) ausbildenden Flammenfront (9) liegt und an dessen offenen Ende (7) eine Austrittsöffnung (10) einer Zuführung (11) für ein kompressibles Medium angeordnet ist. Durch Beaufschlagung des Resonanzrohres (6) mit dem kompressiblen Medium beim Auftreten von Flammen-Pulsationen strömt das kompressible Medium periodisch durch das offene Ende (7) in das Resonanzrohr (6) ein und wieder aus, wodurch sich das geschlossene Ende (8) des Resonanzrohres (6) aufheizt. Durch diese Aufheizung wird die Flamme stabilisiert.

(Figur 1)

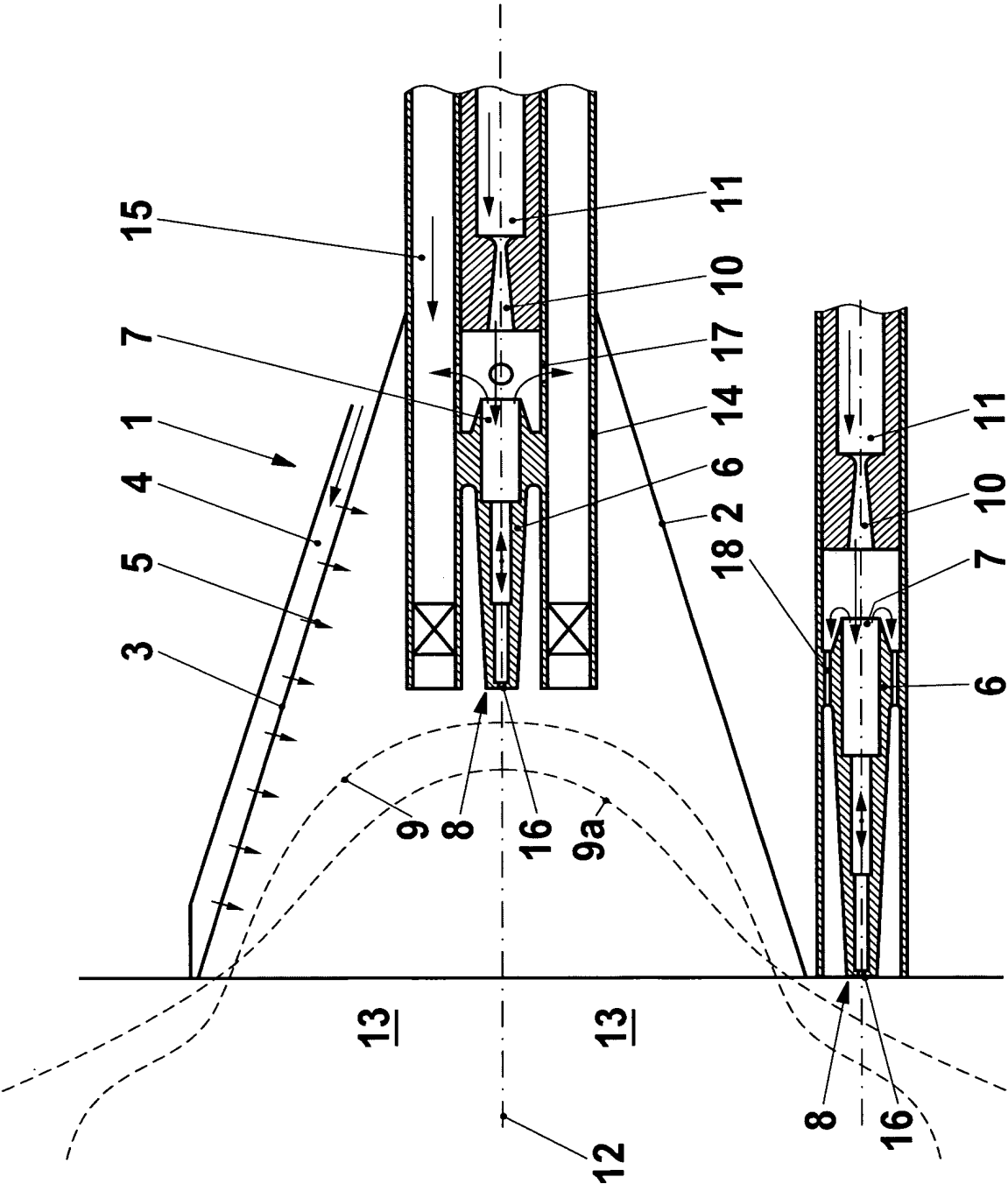


FIG. 1

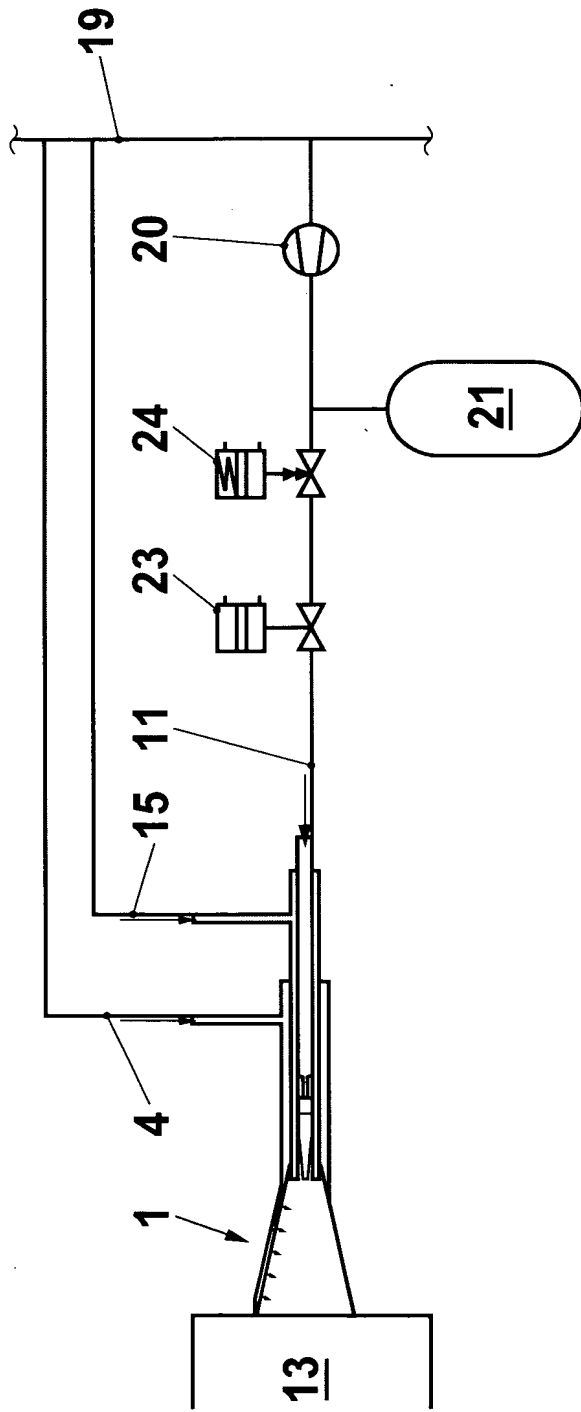


FIG. 2

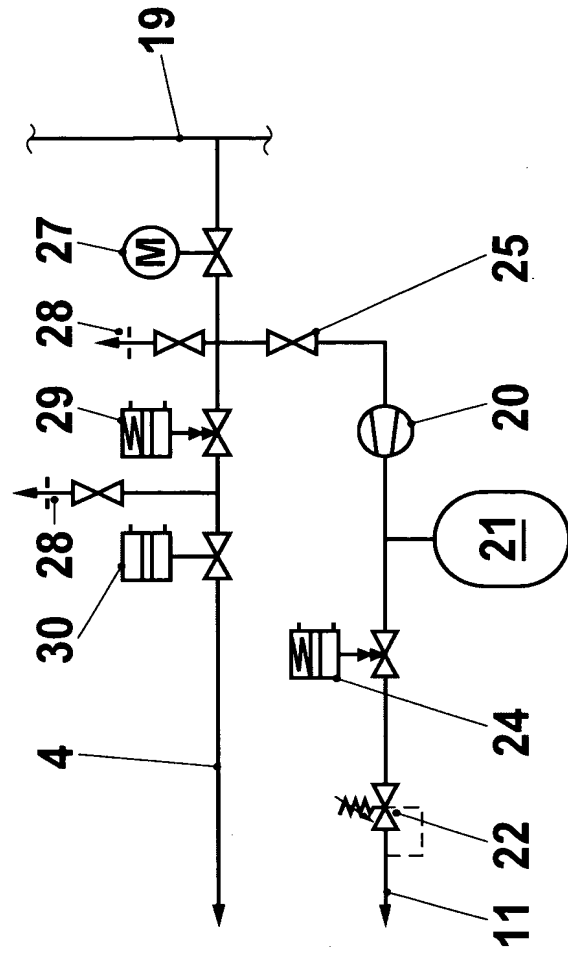


FIG. 3

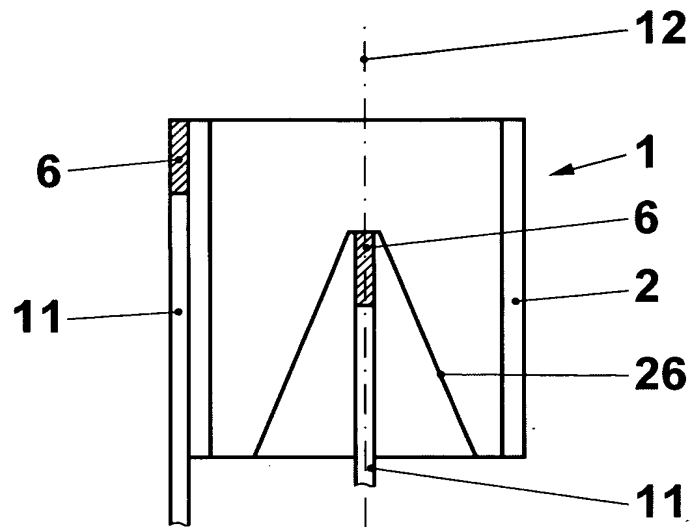


FIG. 4

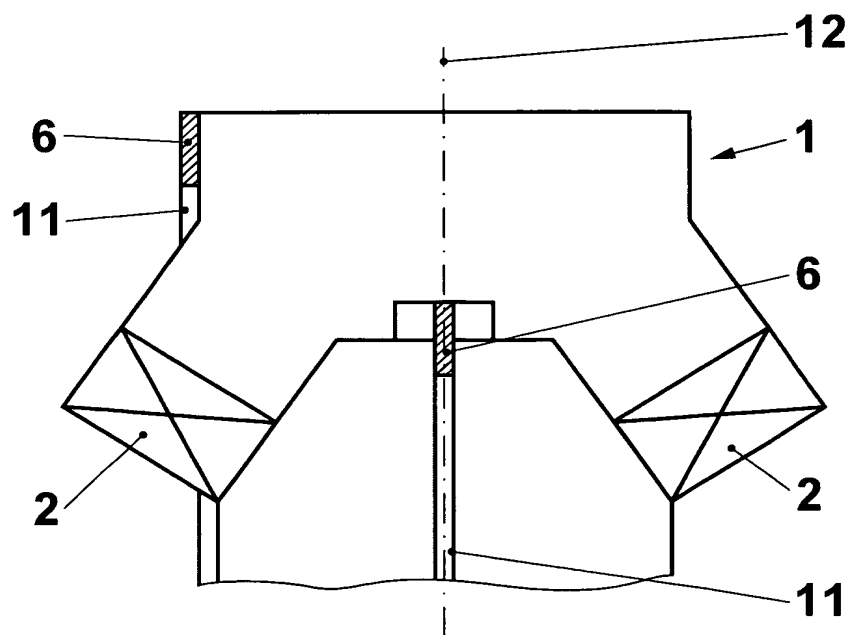


FIG. 5